

# HYDRAULISERVOJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI

Jari-Pekka Kankaanpää

Opinnäytetyö  
3.4.2013

IIA8S1  
Automaatiotekniikka  
Tekniikka ja liikenne



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) KANKAANPÄÄ, Jari-Pekka	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 03.04.2013
	Sivumäärä 43	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi HYDRAULISERVOJÄRJESTELMÄN MODERNISOINTI		
Koulutusohjelma  Automaatioteknologian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t)  FONSELIUS, Jaakko		
Toimeksiantaja(t)  Heinolan Sahakoneet Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli löytää modernisointiratkaisu hydrauliservojärjestelmille Heinolan Sahakoneet Oy:n tarpeisiin. Tarkempina tavoitteina oli löytää käytetylle ohjaimelle korvaava vaihtoehto, tehdä lista järjestelmän koetusvaiheista ja suorittaa koekäyttö.</p> <p>Opinnäytetyössä tutustuttiin tekohetkellä käytössä olevien hydrauliservojärjestelmien toteutukseen. Tutustumisen pohjalta käytiin läpi vaihtoehtoja, jolla hydraulijärjestelmän ohjain voitaisiin korvata, vaihtoehtoista päädyttiin korvaavaan akseliohjaimeen. Ohjaimista tehtiin tarjouspyyntö laitetoimittajille ja saaduista tarjouksista seulottiin tarkempaan tarkasteluun kolme laitetta, joista laitevalinta koekäyttöön tehtiin. Laitevalinnan jälkeen luotiin lista ohjaimen koekäytössä tehtävistä vaiheista.</p> <p>Työn päätavoitteet eli modernisointiratkaisun ja koekäyttöön valittavan laitteen löytäminen onnistuivat. Ohjaimen koekäyttöä ei ehditty kuitenkaan opinnäytetyön aikataulussa suorittamaan, tästä syystä myös lista koetusvaiheista jäi keskeneräiseksi ja tämä tavoite saavutettiin vain osittain.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Automaatio, servotekniikka, hydraulijärjestelmät, liikkeenohjaus.		
Muut tiedot		



Author(s) KANKAANPÄÄ, Jari-Pekka	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 03042013
	Pages 43	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title MODERNIZATION OF A HYDRAULIC SERVO SYSTEM		
Degree Programme  Automation Engineering, Bachelor of Engineering Programme		
Tutor(s) FONSELIUS, Jaakko		
Assigned by  Heinola Sawmill Machinery Inc.		
<p>Abstract</p> <p>The subject of this thesis was to find a way to modernize the hydraulic servo systems for Heinola Sawmill Machinery Inc. The more precise objectives of this study were to find a new alternative to replace the currently used axis controller, to make a list of the test phases for later use and to test the replacing solution.</p> <p>This thesis includes a study of the hydraulic servo system currently in use, which is used as the basis for the alternative modernization solutions this thesis covers. The chosen alternative for the modernization was replacing the axis controller. A formal call for offers was made to request a quote from different companies that sell axis controllers and three offers were chosen for a closer study. After the closer study one of the axis controllers was chosen for testing and a partial list of test phases was made.</p> <p>The main objectives of this thesis were finding an alternative solution for modernization and choosing replacement for further testing. Both of the main objectives were met. Secondary objectives were to test the new choice and to make a list of test phases for later use. Testing of the replacement was not possible due to the schedule of this thesis project and the list of test phases was left partially incomplete due to the same reason.</p>		
Keywords Automation, servo, hydraulics, motion control.		
Miscellaneous		

# SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>4</b>
1.1	Heinolan Sahakoneet Oy .....	4
1.2	Opinnäytetyön tavoitteet .....	5
<b>2</b>	<b>SERVOJÄRJESTELMÄÄN LIITTYVÄT KÄSITTEET .....</b>	<b>6</b>
2.1	Hydraulijärjestelmä .....	6
2.2	Servotekniikka .....	7
2.3	PID-säätö .....	8
2.4	Akseliohjain .....	8
2.5	Kenttäväylä .....	9
2.6	Proportionaaliventtiili.....	10
2.7	Magnetostriktiivinen lineaarianturi.....	10
2.8	Synchronous Serial Interface-sarjaliitäntä .....	11
<b>3</b>	<b>SERVOJÄRJESTELMÄN TEKNINEN TOTEUTUS.....</b>	<b>12</b>
3.1	Yleiskuva .....	12
3.2	TRSystemtechnik @AXIS-C101-PB akseliohjain .....	13
3.3	Bosch Rexroth 4WRPEH6-venttiili.....	14
3.4	Temposonics RH magnetostriktiivinen anturi .....	15
<b>4</b>	<b>MODERNISOINTIVAIHTOEHDOT.....</b>	<b>16</b>
4.1	Väyläohjatut venttiilit .....	16
4.2	Moottoriohjatut hydraulikäytöt .....	17
4.3	Korvaava akseliohjain .....	18
<b>5</b>	<b>OHJAIN VAIHTOEHTOJEN KARTOITTAMINEN.....</b>	<b>20</b>
5.1	Tarjousten seulonta .....	20
5.2	Vaihtoehtojen tarkempi tarkastelu .....	23
5.3	Vaihtoehtojen vertailu .....	25

5.4 Laitevalinta .....	33
6 TARKASTUSLISTA SOVELTUVUUSTESTAUKSEEN .....	34
7 POHDINTA .....	35
LÄHTEET .....	36
LIITTEET .....	39
Liite 1. Tarjouspyyntö .....	39
Liite 2. Seulontataulukko .....	40
Liite 3. Tarkempi vertailu .....	42
Liite 4. Testauksen tarkastuslista .....	43

## KUVIOT

KUVIO 1. Sahalaitos .....	<b>VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.</b>
KUVIO 2. PID-säädin .....	8
KUVIO 3. Magnetostriktiivisen anturin rakenne .....	10
KUVIO 4. SSI-kellokaavio .....	11
KUVIO 5. Yhden akselin asemointiservojärjestelmä .....	12
KUVIO 6. P-Säätö .....	13
KUVIO 7. AXSERMO .....	14
KUVIO 8. Venttiilin paine/aukeama .....	15
KUVIO 9. Järjestelmäarkkitehtuuri väyläohjatuilla venttiileillä .....	17
KUVIO 10. Järjestelmäarkkitehtuuri moottoriohjatuilla hydraulikäytöillä .....	18
KUVIO 11. Järjestelmäarkkitehtuuri korvaavilla akseliohjaimilla .....	19
KUVIO 12. Lasal Class funktionäkymä .....	27

KUVIO 13. Ohjauslohko akselin asemointiin .....	28
KUVIO 14. TwinCAT Scopeview 2 .....	29
KUVIO 15. Beckhoff CX5010 .....	33

## **TAULUKOT**

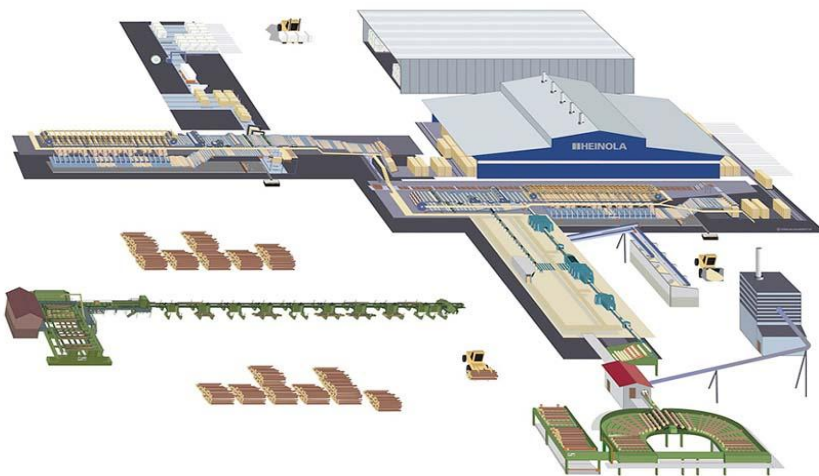
TAULUKKO 1. Seulontakriteerit .....	22
TAULUKKO 2. Tarkemman tarkastelun arvosteluasteikko .....	23

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Heinolan Sahakoneet Oy

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Heinolan Sahakoneet Oy, joka kuuluu ruotsalaisomisteiseen LIFCO-yritysryhmään. Yrityksen juuret johtavat aina 1890-luvulle asti, se toimii Päijät-Hämeessä Heinolassa ja työllistää 90 henkeä. Yrityksen päämarkkina-alueet ovat Pohjoismaat, Baltia sekä Venäjä, vaikka toimintaa löytyykin eri puolilta maailmaa. (Yritysesittely. n.d.)

Heinolan Sahakoneet Oy toimittaa erilaisia sahalaistosten prosessiratkaisuja. Sahateollisuudelle toimitettaviin laitteistoihin kuuluu sahaus-, särmäys- ja sahatavaran käsittelyratkaisut, kuivaamot, hakkurit ja näihin liittyvä automaatio. Sahalinjojen toimitukset kattavat niiden edellyttämät pääkoneet ja oheislaitteet, näitä ovat mm. vanne- ja pyörösahat, kaarisahauslaitteet, profilointiyksiköt ja optimointijärjestelmät. Sahatavaraa käsittelevät laitteistot kattavat tuorelajittelu-, kuivalajittelu- ja paketointilaitokset sekä paketinkäsittelylaitteet. (Yritysesittely. n.d.) Heinolan Sahakoneet Oy pystyykin toimittamaan kuvion 1. kaltaisen sahalaistoksen laitteiston, lähes tulkoon kokonaisuudessaan joitain osaprosesseja, kuten voimalatekniikkaa lukuun ottamatta.



KUVIO 1. Sahalaitos (Yritysesittely. n.d.)

Asiakaspalvelu on myös oleellinen osa yrityksen palveluja. Heinolan Sahakoneet Oy tarjoaa asiakkailleen mekaniikan ja automaation kunnossapito- ja modernisointipalveluita sekä pitää huolta varaosien saatavuudesta. Saatavilla on myös erillisiä laitteiden ja laitosten sopimushuoltoja.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa modernisointivaihtoehtoja hydrauliseen servojärjestelmään sahakoneteollisuuden tarpeisiin. Tarve vaihtoehtojen kartoittamiselle johtui siitä, että järjestelmissä käytössä olleen akseliohjaimen valmistaja oli lopettamassa kehitystyön ja ennen pitkää myös laitetuon. Tutkimusta rajattiin toiveiden mukaisesti työn edetessä.

Tutkimus keskittyi hydrauliservojärjestelmään, jonka pääasiallisena tehtävänä on huolehtia sahalinjalla telojen asemoinnista sekä terien paikoittamisesta. Lajittelulaitoksissa järjestelmä vastaa servovasteen säädöistä, annostimien leveysäädöistä sekä rimoituksen rimakehän ja siirtovarsien ohjauksesta.

Tutkimuksen aluksi oli tarpeen selvittää järjestelmän tekninen toteutus pääpiirteittäin. Tämä tapahtui järjestelmän toimintaperusteisiin, komponentteihin ja niissä käytettäviin ratkaisuihin tutustumalla. Kun järjestelmään liittyvät käsitteet ja toimintaperusteet oli selvitetty, luotiin kuvaus järjestelmän toteutuksesta. Pääasiallisina lähteinä toimivat tekniset dokumentit, sähköpostit sekä palaverissa käydyt keskustelut.

Pohjatyön jälkeen työtä rajattiin Heinolan Sahakoneet Oy:n toiveiden mukaisesti. Tässä vaiheessa työtä pääasiallisina lähteinä on käytetty laitetoimittajilta saatuja tarjouksia, sähköposteja, puhelinkeskusteluja sekä laitteiden teknisiä dokumentteja. Johtuen rajallisesta aikataulusta tarjousten määrästä sekä viestinnän hitaudesta vaihtoehtojen kartoitus jäi varsin pintapuoliseksi.



Kartoituksen pohjalta tarkempaan tarkasteluun valittiin kolme laitetta, joiden pohjalta varsinainen modernisointivalinta tehtiin. Tarkemmassa tarkastelussa lähteinä on käytetty laitteiden esitteitä sekä teknisiä dokumentteja, sähköposteja, puhelinkeskusteluja sekä omakohtaista tutustumista laitteiden kehitystyökaluihin.

Tutkimuksen loppuvaiheessa toimeksiantajalta tuli toive, että mukaan liitettäisiin myös yleiskuvallinen tarkastuslista testausta varten. Tämä lista toteutettiin vaihtoehdoista valitun Beckhoffin CX5010:een liittyvien dokumenttien ja ohjeiden pohjalta.

## **2 SERVOJÄRJESTELMÄÄN LIITTYVÄT KÄSITTEET**

### **2.1 Hydraulijärjestelmä**

Hydraulijärjestelmät muuntavat järjestelmään syötettävän mekaanisen energian hydrauliseksi tehoksi, joka välitetään haluttuun kohteeseen. Näiden järjestelmien etuna on suunnittelun vapaus ja osien hyvä teho-painesuhde. (Kauranne, H. , Kajaste, H. , & Vilenius, M. 2008, 1.) Järjestelmät voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, hydrostaattisiin ja hydrodynaamisiin järjestelmiin. Opinnäytetyön kannalta olennaista on kuitenkin keskittyä hydrostaattisiin järjestelmiin. Hydrostaattiset järjestelmät voidaan jakaa rakenteensa perusteella avoimiin ja suljettuihin järjestelmiin. Avoimet järjestelmät ovat tyypillisiä ratkaisuja teollisuuskäytössä ja suljetut järjestelmät taas moottorikäytöissä.

Tätä tutkimustyötä koskeva järjestelmä on avoin. Avoimille järjestelmille ominaisia piirteitä ovat suuret nestesäiliöt joista imetään nestettä järjestelmään ja joihin nesteet toimilaitteista palaavat. Käytettävät pumpput ovat yksisuuntaisia ja toimilaitteiden liikesuuntia ohjataan venttiileillä. Nämä järjestelmät ovat yleensä sylinterikäyttöisiä, kuten opinnäytetyössä, mutta myös moottorikäytöt ovat mahdollisia. (Kauranne ym. 2008, 4–5.)

Ohjaustavasta riippuen hydraulijärjestelmät voidaan jakaa sekä ohjaus- että säätöjärjestelmiin. Opinnäytetyön kohde voidaan määrittää ohjausjärjestelmäksi, jolloin venttiilin ohjaamiseen käytettävä sähköteho ja männän asemointiin käytettävä hydrauliteho tuodaan tarkasteltavan järjestelmän ulkopuolelta. (Kauranne ym. 2008, 328.)

Hydraulijärjestelmissä nesteiden pääasiallinen tehtävä on tehon välitys toimilaitteille. Nesteiden käyttö järjestelmissä tuo mukanaan päätoimen lisäksi erillisiä etuja, esimerkiksi erilliset voitelujärjestelmät ovat käytännössä tarpeettomia. Nesteillä saavutetaan myös muita hyötyjä, kuten korroosion ja hapettumisen esto. Hydraulinesteiden ominaisuuksia voidaan muokata, niihin saatavilla erillisillä lisäaineilla. (Kauranne ym. 2008, 112–114.)

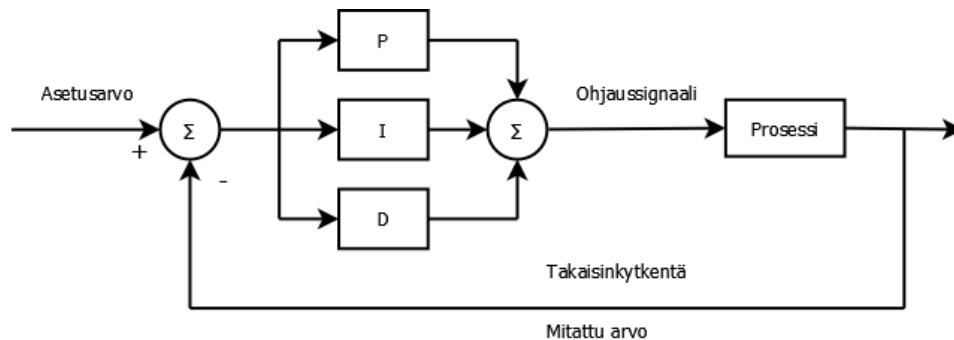
## 2.2 Servotekniikka

Servotekniikan päämääränä on ohjata järjestelmää haluttuun arvoon, säädettävänä suureina voivat olla esim. asema, nopeus, voima tai momentti. Oleellista servojärjestelmien kannalta on takaisinkytkentä, jonka avulla lähtösuureta verrataan ohjaukseen. Takaisinkytkentä aiheuttaa järjestelmän säädölle taipumusta värähtelyyn. Säädön oikeanlainen virittäminen on olennaista, kun pyritään aikaansaamaan suuria nopeuksia ja tarkkuuksia ja samanaikaisesti välttämään värähtelyä. Takaisinkytkennän arvon mittauksessa käytetään potentiometriä tai muita käyttötarkoitukseen soveltuvia antureita. Ohjaussignaali riippuu yleensä käytössä olevasta säätölaitteesta. Käytettävä toimilaite ohjaa säädettävää suuretta. (Fonselius, J. , Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1998, 7–8.)

Opinnäytetyön kannalta oleellisena takaisinkytkentänä toimii asema, joka tulee magneetostriktiiviseltä anturilta. Hydrauliservon asemaan ohjaamisesta vastaa akseli ohjain. Ohjattavana toimilaitteena toimii proportionaaliventtiili.

## 2.3 PID-säätö

PID-säätö on yleisin teollisuudessa käytetty säätö, se on rakenteeltaan varsin yksinkertainen. Nimi PID tulee sen termeistä Proportional, Integral ja Derivative. Säädin mahdollistaa useita yhdistelmiä säädöksi, kuten esim. P-, PI- ja PD-säätimen.



KUVIO 2. PID-säädin

Säätimen ohjaussignaali lasketaan P, I ja D-termien summasta. P-termi tarkoittaa säätimen vahvistusta, I on integroiva termi ja D on derivoiva termi. (Harju, T. & Marttinen, A. 2000, 44) Tutkimuksen kohteena olevassa hydrauliservojärjestelmässä PID-säädintä käytetään hydraulimännän asemointiin säätämällä venttiileitä ohjaavaa  $\pm 10$  voltin analogisignaalia.

## 2.4 Akseliohjain

Akseliohjain huolehtii kentällä hydraulijärjestelmän venttiilien ohjauksesta. Se vastaanottaa ja lähettää signaaleja sekä hoitaa servojärjestelmän säätöä koskevat laskennalliset toimenpiteet. Ohjaimesta riippuen se voi toimia eri periaatteilla: Jotkin ohjaimet toimivat täysin itsenäisesti ympäröivästä järjestelmästä riippumatta. Osa taas on ns. DCS (Distributed control system) -laitteita, jotka huolehtivat osaprosessin toimenpiteistä ylemmältä tasolta saadun tiedon mukaan. Ohjainten mukanaan

tuomat hyödyt ovat kokonaisjärjestelmän pienempi rasitus, nopea yksilöidympi prosessin hallinta sekä useat vikojen hallintaan liittyvät tekijät. (McMillan 1999, 3.6.)

## 2.5 Kenttäväylä

Kenttäväyliä käytetään digitaaliseen tiedonsiirtoon kentälle hajautettujen laitteiden, kuten antureiden, toimilaitteiden ja automaatiojärjestelmien välillä. Kenttäväylätekniikka on huomattavasti vähentänyt automaatiojärjestelmien kaapelointitarvetta tiedon kulkiessa väylässä sen sijaan, että kaikki I/O-tiedot tuotaisiin sähkökaappiin erillisillä kaapeleilla. Väylässä kaikille laitteille on oma yksilöity osoitteensa, jonka avulla tieto siirretään oikealle laitteelle. Samaan verkkoon liitettävien laitteiden määrä vaihtelee eri kenttäväylien välillä. (Fonselius, J. , Pekkola, K. , Selosmaa, S. , Ström, M. & Välimaa T. 1996. 126-128)

Opinnäytetyön kannalta oleellinen väylä on Profibus.DP, se on yksi laitevalmistajien yleisimmin tukemista kenttäväylistä. Tähän on paljolti vaikuttanut se, että Profibus on Siemensin käyttämä tiedonsiirtostandardi. Profibus-DP käyttää parisuojattua STP-kaapelia tiedonsiirrossa. Tiedonsiirtonopeus riippuu kaapelin pituudesta ja parhaimmillaan se pystyy 12 mbps:n nopeuteen. Tiedonsiirto noudattaa isäntä–renkirakennetta, jossa isäntä-laite tiedustelee syklisellä aikataululla tietoa renki-laitteilta, varmistaen näin synkronisen tiedonsiirron. Kenttäväylässä kulkeva liikenne on vuoro-rosuuntaista, mikä tarkoittaa sitä että järjestelmässä voi olla vain yksi isäntä-laite kerrallaan. Kenttäväylässä on kuitenkin mahdollista olla useampi isäntä-laite, jolloin nämä laitteet vuorottelevat keskenään. (Caro. 2009, 143–145)

Profibus DP on myös täysin yhteensopiva Profinet-teollisuus-ethernetin kanssa. Vaikka Profinet käyttää tietorakenteita, jotka on koodattu XML-muotoon, niin suurin osa sen objekteista pohjautuu Profibusin käyttämään GSD-tiedostomuotoon. Siitä huolimatta, että Profinet on täysin yhteensopiva Profibusin kanssa, se on huomattavasti monipuolisempi ja tehokkaampi ratkaisu tiedonsiirtoon. (Caro, D. 2009, 146-148.)

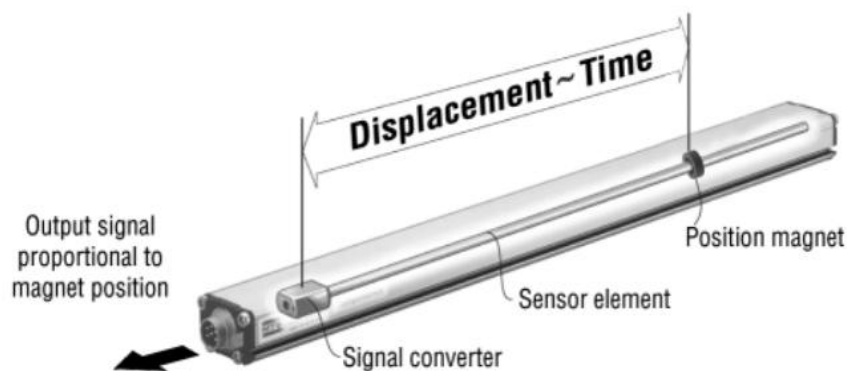
## 2.6 Proportionaaliventtiili

Proportionaaliventtiileitä käytetään nesteiden virtauksen ohjaamiseen. Niiden ohjaus toimii portaattomista mikä merkitsee sitä, että niillä voidaan saavuttaa tarkempi säätö kuin perinteisillä ON/OFF-venttiileillä. Ohjaustarkkuus riippuu kuitenkin paljon venttiilin kyvystä ohjata haluttuja suureita. Proportionaaliventtiilit ovat jatkuvatoimisia vahvistimia, joissa ohjaussignaali muutetaan ja vahvistetaan hydrauliseksi lähtösignaaliksi. Venttiilien jatkuvatoimisuus tarkoittaa, että venttiilin lähtösignaali seuraa jatkuvasti sen vastaanottamaa asetusarvoa.

Näitä venttiileitä on mahdollista ohjata kaikilla yleisesti käytössä olevilla tavoilla, jolloin ohjaussignaali voi olla sähköisesti, pneumaattisesti, hydraulisesti tai mekaanisesti tuotettu. (Kauranne H. ym. 2008, 327.) Tutkimuksen kohteena olevan järjestelmän venttiiliä ohjataan kuitenkin sähköisellä  $\pm 10$  voltin analogisignaalilla.

## 2.7 Magnetostriktiivinen lineaarianturi

Magnetostriktio perustuu Jouel-, Villari- tai Wiedemann-ilmiöihin. Anturitekniikassa yleisessä käytössä olevat ratkaisut perustuvat lähinnä Wiedemann-efektiin. Anturit koostuvat pääasiallisesti ferromagneettisesta sauvasta, kestopagneetista ja lähetinjä vastaanottelelektronikasta (ks. kuvio 3).



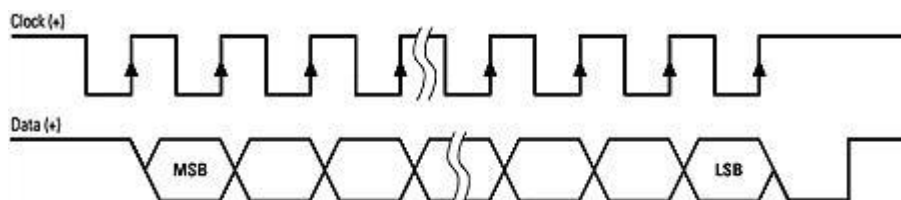
KUVIO 3. Magnetostriktiivisen anturin rakenne (Tempsonics-RP+RH. n.d.)

Anturissa käytettävään ferromagneettiseen sauvaan luodaan magneettikenttä puls-sigeneraattorin luoman virtapulssin avulla. Sauvalla sijaitseva kestopagneetti taas luo sijainnilleen aksiaalisen magneettikentän. Näin syntyneiden kahden magneetti-kentän yhteisvaikutus aiheuttaa Wiedemann-efektin, tämän seurauksena sauvaan syntyy akustinen aalto, jonka kulkuaika mitataan ultraäänivastaanottimen saaman tiedon perusteella. Tämän jälkeen vastaanotinelektroniikka laskee kulkuaikaa vastaa-van jännitteen.

Anturi on käytännöllinen tutkimuskohteena olevan hydrauliservojärjestelmän mitta-ustarpeissa, koska anturi voidaan asentaa suoraan käytössä olevien hydraulimäntien sisään. Koska anturissa ei myöskään ole varsinaisesti kuluvia osia, se vähentää huol-totarpeita. Absoluuttinen asematieto joka anturilta saadaan on erittäin tarkka, koska anturilla on tarkka erottelukyky. (Fonselius ym. 1996, 52–53)

## 2.8 Synchronous Serial Interface-sarjaliitäntä

SSI (Synchronous serial interface) on yleisesti käytössä oleva sarjaliitäntä absoluuttis-ten asema-anturien ja ohjainten välillä. Ohjaimessa oleva SSI-enkooderi luo kello-pulssisarjoja, joiden avulla anturilta saadaan avainnettu signaali. Anturin asematieto päivittyy jatkuvalla syötöllä. Jokaisen kellopulssisarjan välillä on kuitenkin odotusaika, jolloin asematieto siirretään ohjaimen rekisteriin. Kellopulssin laukaistua vähiten merkittävän bitin (LSB) ja kellopulssisarjan odotusajan päätyttyä on uusi asema oh-jaimen luettavissa (ks. kuvio 4). (What is Serial Synchronous Interface (SSI).)

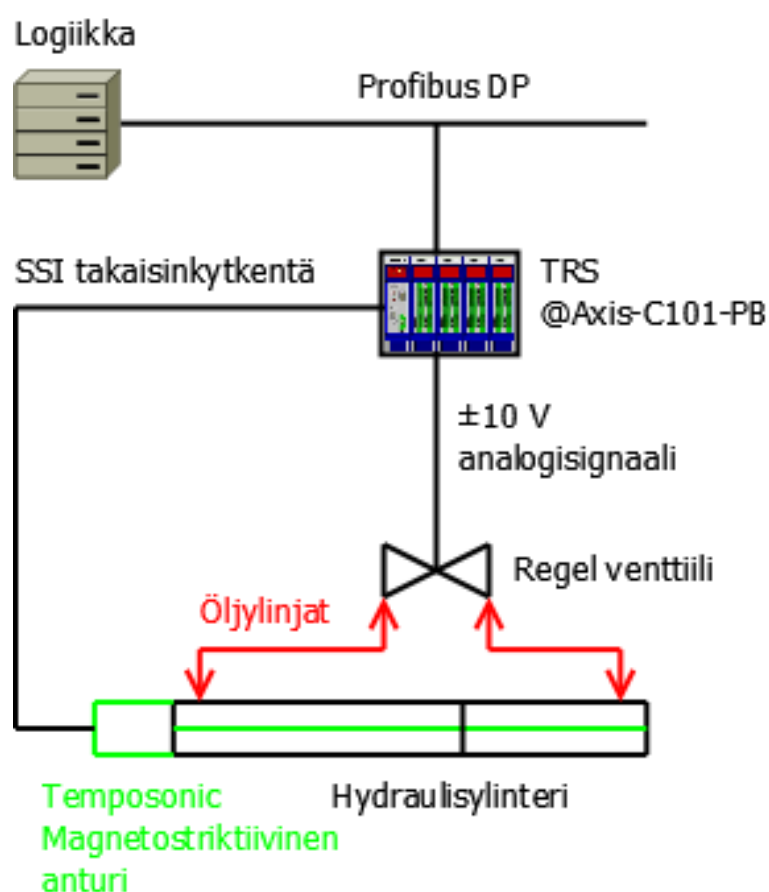


KUVIO 4. SSI-kellokaavio (What is Serial Synchronous Interface (SSI).)

### 3 SERVOJÄRJESTELMÄN TEKNINEN TOTEUTUS

#### 3.1 Yleiskuva

Heinolan Sahakoneet Oy:n toimituksissaan käyttämät hydrauliservojärjestelmät koostuvat TRSystemtechnikin @AXIS-C101-PB-ohjaimesta, Temposonicsin magnetostriktiivisistä antureista, Bosch Rexrothin proportionaaliventtiileistä, sekä hydraulimännistä (ks. kuvio 5).



KUVIO 5. Yhden akselin asemointiservojärjestelmä

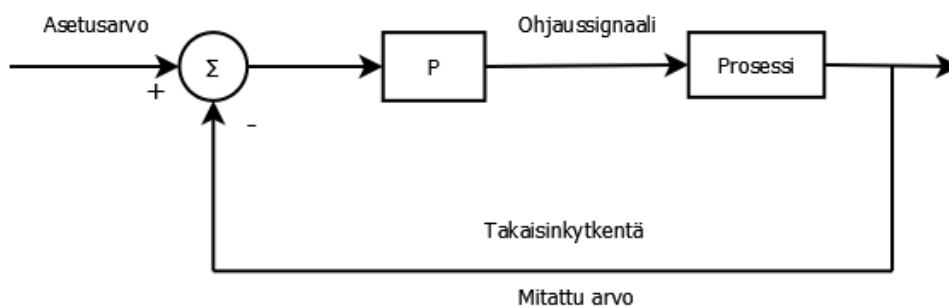
@AXIS-C101-PB ohjaa järjestelmän venttiileitä erillisten analogilähtömoduulien avulla, näiden avulla luodaan  $\pm 10$  voltin ohjaussignaali. Asetusarvonsa se saa Profibus DP-kenttäväylän kautta ylemmän tason ohjauslogiikkana toimivalta Siemensin

PLC:ltä. Hydraulimäntien asematiedot ohjain saa Temposonicsin magnetostriktiivisiltä antureilta SSI-takaisinkytkentöinä. (Hydrauliikkaservon käyttöohje. 2007.)

### 3.2 TRSystemtechnik @AXIS-C101-PB akseliohjain

@AXIS-C101-PB on usean akselin ohjain, joka on suunniteltu asema-, paine- ja momenttiohjaukseen. Sillä pystyy ohjaamaan useita akseleita itsenäisesti tai järjestelmästä riippuvaisesti kahdeksaan asti. Ohjain on modulaarinen ja siinä on Profibus DP-liitäntä. (@Axis - the multi-axis controller. n.d.)

Heinolan Sahakoneet Oy käyttää ohjaimessa closed loop-paikkasäätöä. Erikoistapauksissa nopeutta voidaan säätää myös päivittämällä ohjaimen asetusarvoa eriksi jokaisella ohjelmasyklillä halutun nopeuden mukaan. Valtaosassa järjestelmän sovelluksia käytetään PID-säätöä, johon on kuitenkin määritelty ainoastaan P-vahvistus-termi akselin liikenopeuden säätämiseen (ks. kuvio 6). P-säätö ei ole nopein mahdollinen säätövaihtoehto, jota PID-säätimellä saadaan aikaiseksi, kuitenkin säädettävien termien vähyyden ansiosta, järjestelmä ei ole niin altis värähtelylle. Vahvistus-termi on mahdollista säätää eri arvoille hydraulimännän liikesuunnasta riippuen. (Hydrauliikkaservon käyttöohje. n.d.)

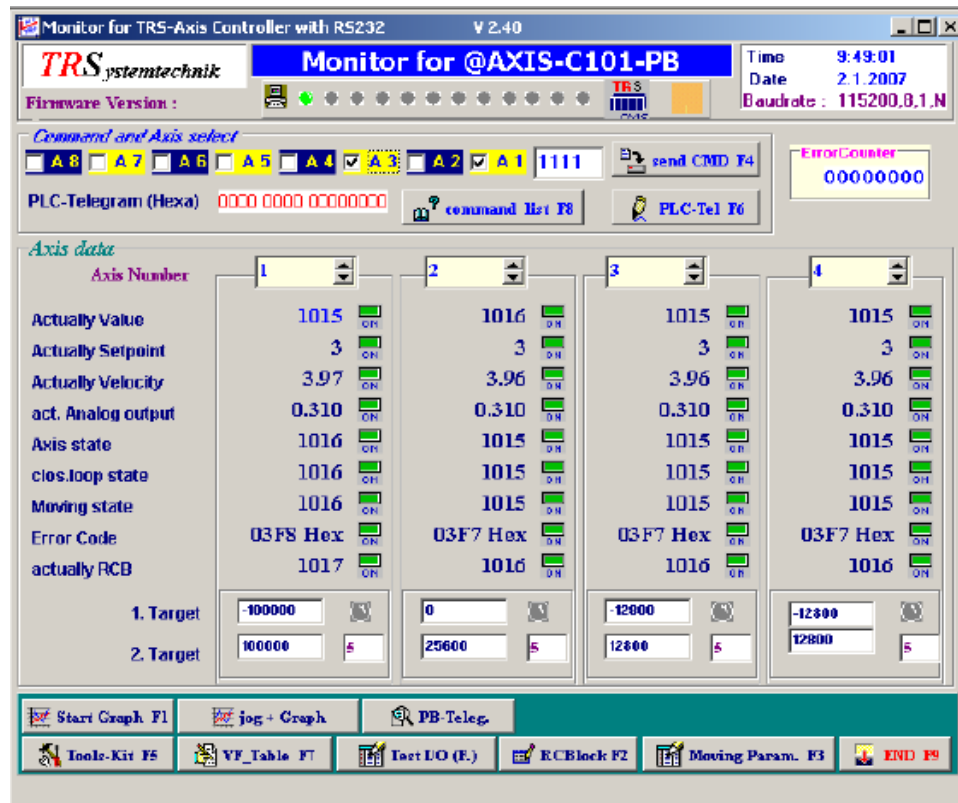


KUVIO 6. P-säätö

Ohjaimen parametointi tapahtuu erillisellä käyttöliittymä-PC:llä ohjaimen oman AX-SERMO-ohjelman avulla sarjaliikenteellä, joko D9- tai RJ45-kaapelin kautta (ks. kuvio



7). Saman ohjelman avulla voidaan myös ohjata akseleita ja sitä käytetäänkin käytönotossa oikeiden parametrien hakuun. (Hydrauliikkaservon käyttöohje. 2007.)



KUVIO 7. AXSERMO (Hydrauliikkaservon käyttöohje. 2007.)

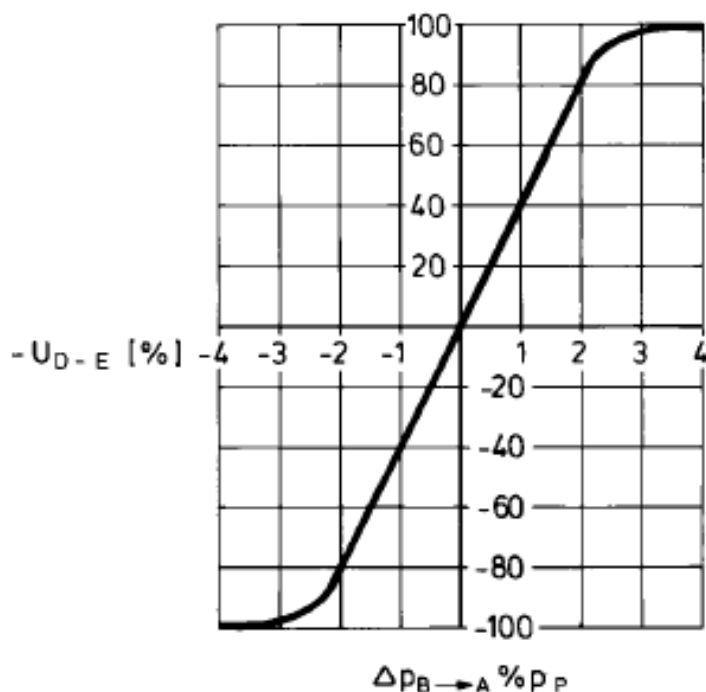
Käytössä oleva ohjain koostuu kolmen tyyppisestä moduulista:

- @AXIS-C101-PB, CPU-moduuli
- @P5200, 2-kanavainen SSI-enkooderimoduuli
- @P4200, 2-kanavainen analogia lähtömoduuli

### 3.3 Bosch Rexroth 4WRPEH6-venttiili

Hydraulimäntien ohjauksessa käytetään Bosch Rexrothin venttiileitä. Niissä on mukana sisäänrakennettu vahvistinelektroniikka. Näiden venttiilien ohjaaminen on

mahdollista  $\pm 10$  voltin tai 4–20 milliampeerin analogisignaaleilla. (RE 29035/01.05. n.d.)



KUVIO 8. Venttiilin paine/aukeama (RE 29035/01.05. n.d.)

Käytössä olevan venttiilin toiminta on melko lineaarista verrattuna perinteiseen proportionaaliventtiiliin (ks. kuvio 8). Tämä helpottaa säädön toteuttamista, koska säätöä ei tarvitse linearisoida yhtä paljon kuin perinteisellä proportionaaliventtiilillä.

### 3.4 Temposonics RH magnetostriktiivinen anturi

Hydraulimäntien takaisinkytkentä tapahtuu eri pituisten Temposonicsin RH magnetostriktiivisten antureiden asematietojen avulla. Toimitettavissa sovelluksissa niitä käytetään 50  $\mu\text{m}$ :n resoluutiolla. Takaisinkytkentä noudattaa SSI-standardeja. Takaisinkytkennässä käytettyä SSI-sarjaliikennettä voidaan käyttää Binaari- tai Gray-muodoissa. Anturit ovat tehtaalla esiasetettuja, mutta tarvittaessa niihin on saatavilla PC-ohjelmisto, jolla niiden asetuksia voidaan muuttaa. (Temposonics-RP+RH. n.d.)

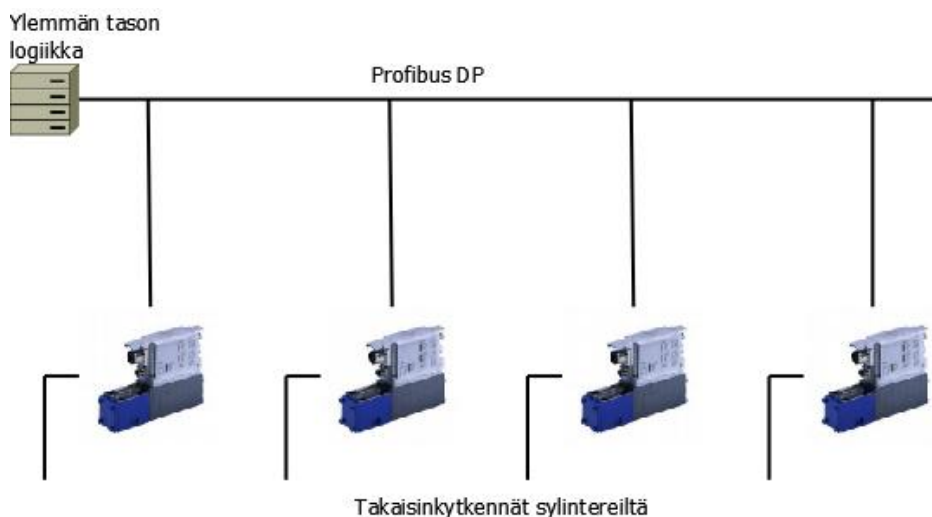
Toimitettavissa sovelluksissa anturin sauva asennetaan hydraulimännän sisälle. Magneettirengas, jonka avulla männän asematieto saadaan, asennetaan mäntään ja anturin lähetin ja muu elektroniikka asennetaan hydraulisylinterin pätyyn.

## **4 MODERNISOINTIVAIHTOEHDOT**

### **4.1 Väyläohjatut venttiilit**

Hydrauliservojärjestelmän modernisointi on mahdollista toteuttaa vaihtamalla tällä hetkellä käytössä olevat venttiilit väyläohjauttuihin malleihin. Tämä vaihtoehto muuttaisi hieman vanhastaan käytössä olevaa järjestelmäarkkitehtuuria (ks. kuvio 9). Järjestelmässä ei olisi enää tarvetta erilliselle akseliohjaimelle, koska venttiilien yhteyteen on rakennettu ohjauselektroniikka. Tätä ratkaisua mietittäessä pitää kuitenkin ottaa huomioon esim. miten uusien venttiilien virtausprofiilit saattaisivat vaikuttaa käytössä olevien hydraulisylinterien toimintaan. Todennäköisesti helpoin vaihtoehto väyläohjatulle venttiileille olisikin käytössä olevaa venttiiliä vastaava vaihtoehto Bosch Rexrothilta.

Uusien toimituksien puolesta väyläohjatut venttiilit eivät tuota ongelmaa, ne kykenevät samoihin toimintoihin kuin aikaisempikin järjestelmä. Myös asennuksiin vaadittava työmäärä vähenisi hieman, kun ohjaimia ja niiden kytkentöjä ei tarvitsisi enää tehdä. Ennestään toimitettujen järjestelmien tulevaisuuden modernisointitarpeet sen sijaan muodostuisivat ongelmaksi, koska käytössä olevat venttiilit pitäisi vaihtaa uutta vaihtoehtoa vastaavaksi, tai edessä olisi uuden ohjainvaihtoehdon etsiminen järjestelmille.



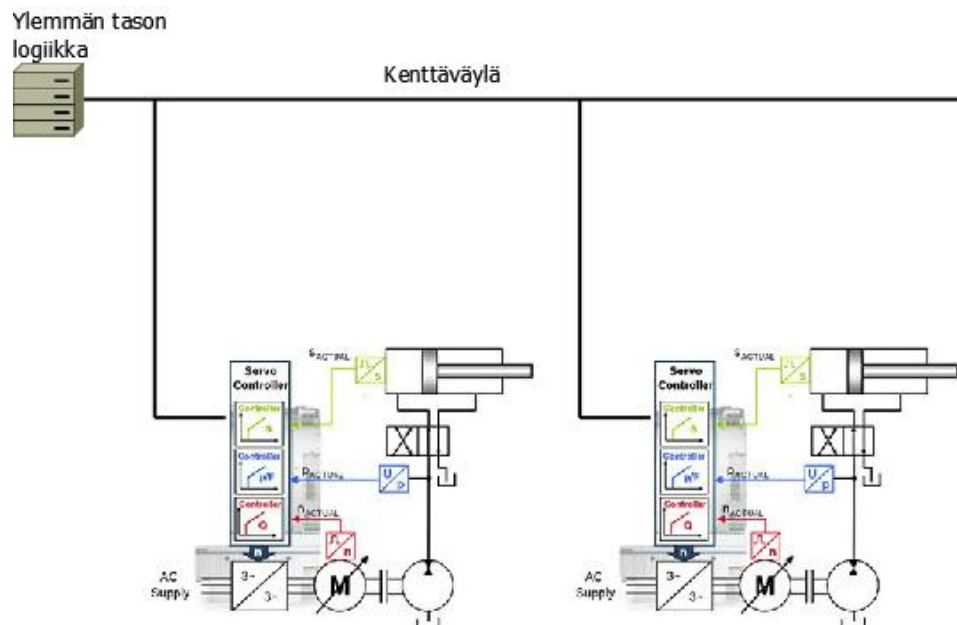
KUVIO 9. Järjestelmäarkkitehtuuri väyläohjatuilla venttiileillä (RE 29191/09.10. n.d . , muokattu)

Väyläohjatut venttiilit ovat kompakti ratkaisu, niiden väylävaihtoehdot eivät kuitenkaan ole niin monipuolisia kuin voisi toivoa. Lähitulevaisuudessa mahdollisten muutostarpeiden takia ne eivät olekaan paras vaihtoehto. Käyttökustannuksia ajattelen eroa vanhaan järjestelmään ei juuri ole. Venttiilien hankintakustannukset sen sijaan kasvaisivat noin kaksinkertaisiksi aikaisempiin verrattuna, jolloin toimitusmääriin suhteutettuna hinta nousisi merkittävästi.

## 4.2 Moottoriohjatut hydraulikäytöt

Moottoriohjatut hydraulikäytöt muuttaisivat järjestelmän toimintaa perusteellisesti. Tarvittavien hydraulikomponenttien määrä verrattaessa aikaisempaan vähenisi, kun taas elektroniikkakomponentit lisääntyisivät. Tekniikka yhdistää hydraulikäyttöjen voiman ja luotettavuuden sähköisten moottorikäyttöjen energiatehokkuuteen. Järjestelmän energiatehokkuus ja alhainen melutaso saadaan aikaan ratkaisulla, jossa taajuusmuuntajalla säädetään moottoria, joka ohjaa pumppua. Tämä mahdollistaa sen, että öljyn virtausta ohjataan suoraan pumpulla venttiilin sijaan. Tällaisia käyttöjä ovat esimerkiksi Bosch Rexrothin Sytronix-sarjan laitteet. Sytronix-sarjan laitteilla

järjestelmän arkkitehtuuri muuttuu merkittävästi (ks. kuvio 10), osan hydraulikomponenteista käydessä turhiksi.



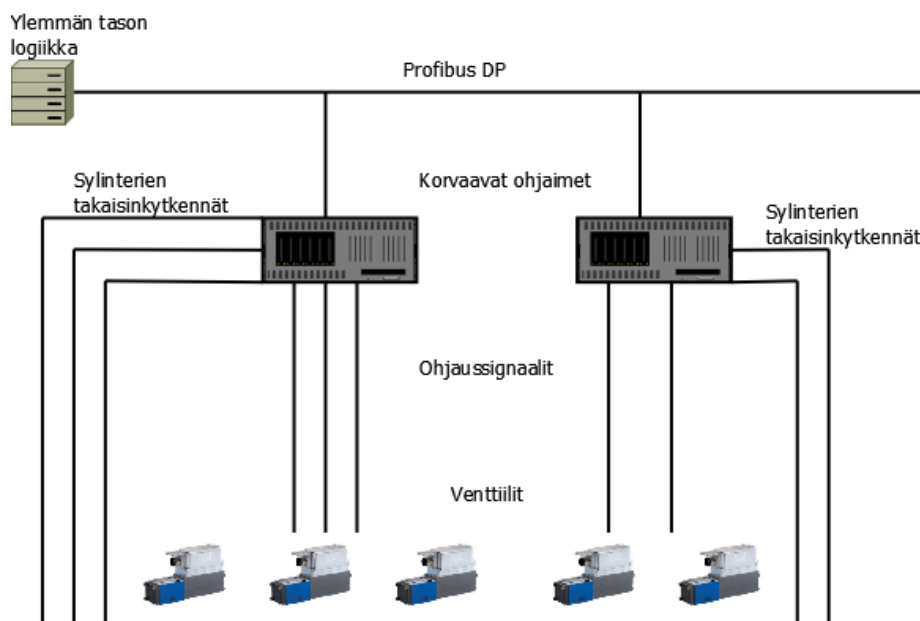
KUVIO 10. Järjestelmäarkkitehtuuri moottoriohjatulla hydraulikäytöllä (Sytronix SvP 7000 Servo Variable Pump Drive. n.d. , muokattu)

Moottoriohjatut hydraulikäytöt mahdollistaisivat merkittävän säästön järjestelmän käyttökustannuksissa. Hankintakustannukset sen sijaan nousisivat, vaikka hydraulikomponenttien määrä laskisikin. Aikaisempien toimitusten modernisointitarpeiden puolesta tämä vaihtoehto olisi työläs. Myös huoltotoimenpiteet saattavat vaikeutua johtuen järjestelmän kasvaneesta monimutkaisuudesta.

### 4.3 Korvaava akseliohjain

Akseliohjaimen korvaaminen toisella on yksinkertainen vaihtoehto järjestelmän modernisointiin, koska järjestelmäarkkitehtuuri vastaa nykyistä (ks. kuvio 11) . Uutta ohjainta valittaessa onkin otettava huomioon erityisesti aiemmin esitellyn järjestelmän tekninen toteutus ja sen asettamat rajoitteet. Tämä tarkoittaa, että ohjaimen on kyettävä kommunikoimaan ylemmän tason logiikan kanssa ja mahdollistettava

ohjaus ja takaisinkytkennät kuten ennenkin. Yhteensopivuus vanhan ratkaisun kanssa tarkoittaa sitä, että uudelleensuunnitteluun, asentamisiin ja huoltamiseen kuluu vähemmän aikaa. Yhteensopivuus vanhan ratkaisun kanssa vaikuttaa erityisesti ennestään toimitettujen kokoonpanojen modernisointitarpeisiin korvattavien komponenttien määrän rajoituessa pelkkiin akseliohjaimiin.



KUVIO 11. Järjestelmäarkkitehtuuri korvaavilla akseliohjaimilla (RE 29035/01.05. n.d. , muokattu)

Koska tekniikka on kehittynyt vuosien saatossa, eivät ohjainvaihtoehdot enää rajoitu pelkästään akseliohjaimiin, vaan mahdollisina korvaajana voi toimia myös logiikka, kunhan syklijat pysyvät riittävän lyhyinä. Tekniikan kehittyminen on myös mahdollistanut sen, että ohjaimia voidaan käyttää myös monipuolisemmin erilaisiin tehtäviin pelkän akseliohjauksen sijaan. Useissa ohjaimissa käytetty modulaarinen rakenne mahdollistaa myös niiden laajentamisen tarpeen tullen esim. erilaisilla väylävaihtoehdoilla. Monella laitteella on myös mahdollista ohjata sähköisiä servoakseleita hydraulisten lisäksi.

Hankintakustannuksiltaan korvaava akseli ohjain on vaihtoehtoista halvin, käyttökustannukset vastaavat aikaisempaa järjestelmää. Koska aikaisemmin toimitetut järjestelmät perustuvat samanlaiseen järjestelmäarkkitehtuuriin, on järjestelmää helppo päivittää. Ohjaimet tarjoavat myös tarpeen tullen monipuolisia ominaisuuksia esim. muiden ohjausten ja mittausten tekemiseen pelkän akseli ohjauksen sijaan. Myös modulaarisuus, jota useat ohjaimet tarjoavat, antaa vapautta esim. kenttäväylien osalta. Korvaava akseli ohjain osoittautuikin järkevimmäksi modernisointivaihtoehdoksi, kun otetaan huomioon aikataulu ja modernisointiin kuluva työmäärä.

## 5 OHJAINVAIHTOEHTOJEN KARTOITTAMINEN

Koska modernisoinnissa päädyttiin korvaavaan akseli ohjaimeen, oli selvää että, sen tulisi olla mahdollisimman yhteensopiva entuudestaan käytössä olevan järjestelmän kanssa. Uuteen ohjaimeen piti olla saatavilla SSI- enkooderit, Profibus DP- väylä ja  $\pm 10$  V:n analogilähdöt. Näiden tietojen pohjalta muotoilin tarjouspyynnön (ks. liite 1), joka lähetettiin laitetoimittajalle. Saatujen tarjousten pohjalta laadittiin seulonta, jossa vaihtoehtoja verrattiin käytössä olevan @AXIS-C101-PB ohjaimeen.

### 5.1 Tarjousten seulonta

Tarkastelussa laitetarjouksia oli niin useita, että niitä kaikkia ei ollut järkevää lähteä tutkimaan kovin yksityiskohtaisesti. Laitteiden arvioinnissa käytetyt kriteerit perustuvat pääasiassa luvussa kolme esiteltyjen laitteiden asettamiin rajoituksiin sekä toimeksiantajan toivomiin ominaisuuksiin.

Kriteerien pisteytyksessä päädyin asteikkoon 0–5. Ominaisuuksille määriteltiin myös värikoodit: Punainen merkitsee ehdottoman tärkeää, jota ilman laitetta ei otettu edes arvosteluun mukaan. Oranssi väri merkitsee laitteiden käyttöönoton ja huolto-toimenpiteiden kannalta merkittäviä ominaisuuksia. Keltaisella pohjalla ovat ominai-

suudet, jotka liittyvät laitteiden helppokäyttöisyyteen. Vihreällä värikoodilla merkityt ovat toimeksiantajan toivomia lisäominaisuuksia. Seulonnassa käytetyt kriteerit on esitetty taulukossa 1. Osa käytetyistä kriteereistä on toisensa pois sulkevia, kuten erilaiset väylävaihtoehdot, jotka ovat joko laitteeseen integroitua tai erillisiä moduuleita sekä akselien määrä.

Laitteiden seulonnassa käytettiin myös ominaisuuksia joita kokonaispisteytyksessä ei otettu huomioon, näitä olivat tuettujen akselien määrä ja ohjainkokonaisuuden hinta neljälle sekä kahdeksalle akselille. Ohjainkokonaisuuksien hinnat on skaalattu, koska ne ovat luottamuksellista tietoa toimeksiantajan sekä laitetoimittajien välillä.

Hintojen skaalaukseen päätin ottaa peruskoulusta tutun asteikon 4–10. Asteikko on pyöristetty desimaalin tarkkuudelle. Asteikot ovat toisistaan riippumattomia neljän ja kahdeksan akselin kokoonpanoille. Asteikkojen arvosanat eivät ole riippuvaisia ennalta määritetyistä arvoista, suurin syy tähän päätökseen on tarjousten luottamuksellisuus laitetoimittajien ja Heinolan sahakoneet Oy:n välillä. Asteikolla arvosana 4 tarkoittaa kalleinta laitetta ja 10 halvinta, näiden kokoonpanojen pohjalta on laskettu muiden vaihtoehtojen arvosanat.



TAULUKKO 1. Seulontakriteerit

Vahvistimen ominaisuudet	Selitys	Pisteet
SSI enkooderi	Asema-anturien paikkatiedon vastaanottamiseen tarvittava ominaisuus.	5
ProfiBus DP mukana	Laitteessa integroituna oleva ylemmän tason logiikan kanssa kommunikointiin tarvittava ominaisuus.	5
ProfiBus DP erillisenä moduulina	Erillisenä moduulina saatava ylemmän tason logiikan kanssa kommunikointiin tarvittava ominaisuus.	3
Analogilähtö -10 - +10 V	Hydrauliservojärjestelmän venttiilien ohjaukseen tarvittava ominaisuus.	5
Saatavuus 2 vk sisään	Laitteen toimitusaika 2 viikon sisällä.	5
Saatavuus 1 kk sisään	Laitteen toimitusaika kuukauden sisällä.	3
Saatavuus 1-2 kk sisään	Laitteen toimitusaika kahden kuukauden sisällä.	1
Koulutus	Laitteen käyttöönottoon on saatavilla koulutusta.	4
Tekninen tuki	Laitteelle on saatavilla teknistä tukea ongelmatilanteiden sattuessa.	4
Parametroitava	Laitteen asetukset tai ohjelma on parametroitavissa.	4
Ohjelmoitava	Laiteelle pystytään tekemään ohjelmia.	3
Ethernet väylä: PROFINET	Laitteesta on PROFINET-väylä.	3
PROFINET, erillinen moduuli	Laitteeseen on saatavilla PROFINET-väylä erillisenä moduulina.	2
Ethernet väylä: EtherCAT	Laitteesta on EtherCAT-väylä.	3
EtherCAT, erillinen moduuli	Laitteeseen on saatavilla EtherCAT-väylä erillisenä moduulina.	2
Ethernet väylä: muu	Laitteeseen on saatavilla jokin muu reaaliaika ethernet-väylä.	1
Modulaarisuus 1-8 akselia	Laite on modulaarinen ja tukee ohjauksia kahdeksaan akseliin asti.	3
Modulaarisuus 1-4 akselia	Laite on modulaarinen ja tukee ohjauksia neljään akseliin asti.	2
Muistikortti	Laitteessa on vaihdettava muistikortti ohjelman tai parametrien vaihtamiseen.	2
Operointitavan vaihto	Laite kykenee vaihtamaan ohjausta paikka- ja paineohjauksien välillä .	1

Ohjaimille pisteytetyt ominaisuudet, jotka löytyvät taulukosta liitteestä 2, on kerätty tarjousten sekä laitetoimittajien edustajien välillä käydyn sähköpostiviestinnän poh-

jalta. Tehdystä taulukosta saatujen tuloksia tarkasteltiin toimeksiantajan kanssa palaverissa. Palaverissa tultiin siihen tulokseen, että taulukon tiedot eivät olleet riittävän kattavat varsinaisen valinnan tekemiseen. Taulukon pohjalta kuitenkin seulottiin pois kaikki muut laitteet luukun ottamatta kolmea: Bosch Rexroth MLC-H, Beckhoff CX5010 ja Sigmatek CCP531.

## 5.2 Vaihtoehtojen tarkempi tarkastelu

Seulonnan tuloksista käydyssä palaverissa tuli toiveena, että arvosteluasteikkoon otettaisiin laajempi skaala kuin seulonnassa käytössä ollut 0–5. Vertailun tekemiseen päädyttiin ottamaan käyttöön arvosteluasteikko 1–10. Samassa pyydettiin myös määrittelemään asteikon arvosanat, ne ovat taulukossa 1.

TAULUKKO 2. Tarkemman tarkastelun arvosteluasteikko

1	Erittäin Huono
2	Huono
3	Melko tyydyttävä
4	Tyydyttävä
5	Erittäin tyydyttävä
6	Melko hyvä
7	Hyvä
8	Erittäin hyvä
9	Kiitettävä
10	Erinomainen

Tarkemman selvityksen haluttiin myös ottavan paremmin kantaa, kuinka ohjaimet suoriutuvat paineohjauksesta, erityisesti operointitavan vaihdon kannalta. Seulontavaiheessa tehdyn ohjaimien tutkimisen, palavereissa käytyjen keskustelujen, sekä

aikaisemmin käytettyjen kriteerien pohjalta päädyin tarkemmassa selvityksessä seuraaviin kriteereihin:

**Ominaisuudet** kuvaavat laitteessa valmiina olevien toimintojen monipuolisuutta, esim. erilaisia ethernet-väylävaihtoehtoja ja vaihdettavia muistikortteja.

**Ohjelmistot** ottaa kantaa laitteen työkalujen monipuolisuuteen ja helppokäyttöisyyteen, soveltuvuuteen käyttötarkoituksessa sekä käyttöjärjestelmään.

**Valmiit ohjelmatoiminnot** huomioi työkalujen mukana tulevien ominaisuuksien käyttökelpoisuuden sovelluksien tekemisessä.

**Diagnostiikka** kattaa diagnostiikkatyökalujen helppokäyttöisyyden, käyttöliittymän selkeyden ja seurattavien toimintojen monipuolisuuden.

**Laitteiston laajennettavuus** ottaa kantaa siihen, kuinka paljon erilaisia ominaisuuksia laitteeseen on saatavilla.

**Paineohjaus** ottaa kantaa laitteen soveltuvuuteen paineohjauksessa, paineanturilta saadun tiedon perusteella, sekä ohjauksen toteuttamistapoihin.

**Operointitavan vaihto** ottaa kantaa siihen, kuinka hyvin laite tukee asemointiohjauksesta paineohjaukseen vaihtamista ja päinvastoin.

**Etäkäytettävyys** kertoo, kuinka helposti etäkäytössä pystytään laitteiston ohjelmaa muuttamaan ja akseleita ohjaamaan.

**Käyttönoton helppous** ottaa huomioon laitteen työkalujen helppokäyttöisyyden, aiemmin toteutettujen ohjelmien käyttökelpoisuuden ja sen, ovatko työkalut mahdollisesti jo käytössä?

**Tulevaisuuden näkymät** arvioi laitteen valmistajan kokoa, kehityksen jatkuvuutta ja laitteen elinkaarta.

**Hinta** ottaa kantaa ohjaimen hintatasoon verrattaessa aikaisempaan TRSystemtechnikin @AXIS-C101-PB-ohjaimeen.

**Hinta/Käyttötarkoitus** vertaa ohjainten hintaa niissä oleviin varsinaiseen käyttötarkoitukseen soveltuviin ominaisuuksiin.

## 5.3 Vaihtoehtojen vertailu

### Ominaisuudet

Bosch Rexrothin tarjoamassa MLC-H-ohjaimessa on integroituna Profibus, Profinet sekä Ethernet IP. Se pystyy ohjamaan 8 akselia liikeohjaimena. Ohjainkäytössä MLC-H kykenee sekä paikoitukseen, että operointitavan vaihtoon paikkasäädöltä painesäätöön. (IndraMotion MLC Controller based. n.d.)

Beckhoffin CX5010 sisältää ohjausyksikössään vaihtoehtoisen väylän, joka voi olla mm. Profibus, Profinet tai EtherCAT. Siitä löytyy myös kaksi Ethernet IP-väylää, sekä neljä usb-paikkaa. CX5010 logiikoista löytyy myös vaihdettavissa oleva 64 mb flash-muisti, johon ohjelma tallennetaan. Saatavilla on myös erillinen NC PTP runtime-ohjelmisto, joka on erityisesti tarkoitettu akselien paikoitukseen, jonka avulla pystyy ohjaamaan jopa 255 akselia tarvittaessa. (Beckhoff CX5010, CX5020. n.d.)

Sigmatek CCP531Proessori moduulissa on mukana Ethernet IP, CAN-väylä, mini USB-sisääntulo, sekä tavallinen USB-liitin. Laitteessa on mukana myös paikka micro SD-kortille, jolla laitteiston ohjelmaa säilytetään. (Sigmatek CCP531. 2012.)

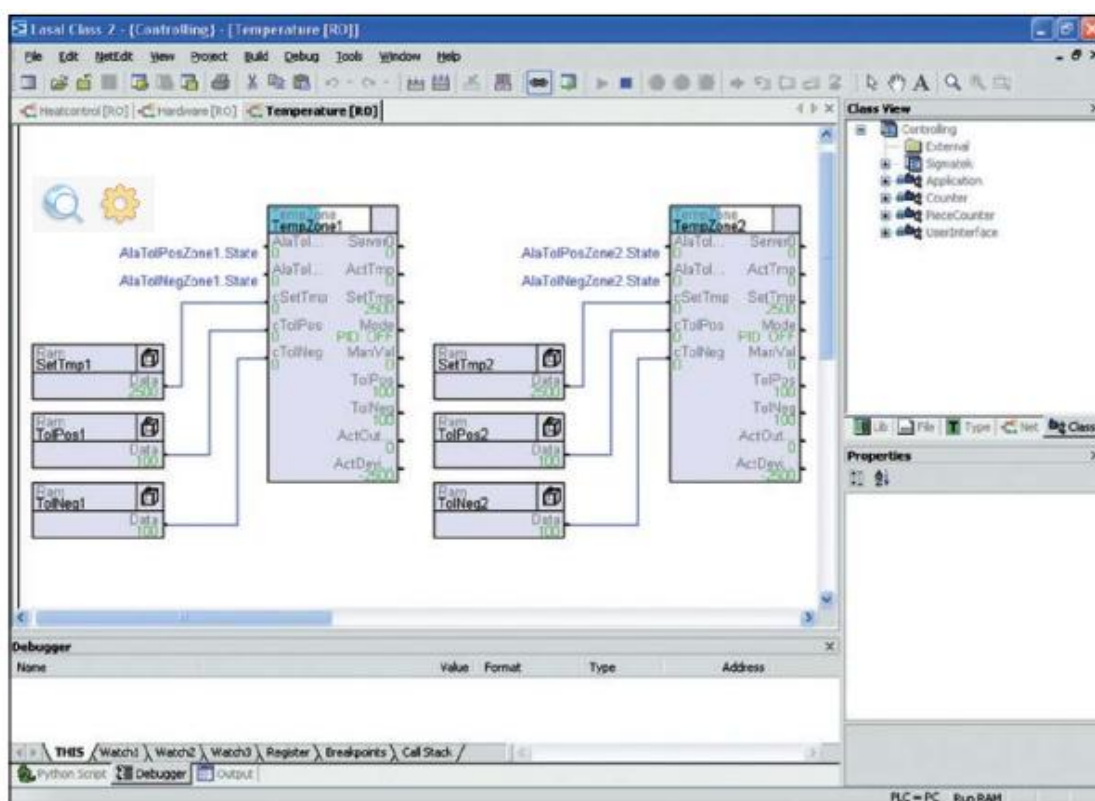
Bosch Rexrothin MLC-H soveltuu ominaisuuksiltaan parhaiten hydraulisten akselien säätöön, sen suurimpana heikkoutena oli epätavallinen muistikorttiratkaisu. CX5010 on ominaisuuksiltaan lähes yhtä pätevä vaihtoehto asemointiohjauksen toteuttamiseen kuin MLC-H. CCP531 on ominaisuuksiltaan rajallisin, sen suurimmiksi kompaktuskiviksi muodostuvat rajalliset väylävaihtoehdot.

## **Ohjelmistot**

Bosch Rexrothin vaihtoehdon mukana tulee järeä mutta helppokäyttöinen IndraWorks. Sen parhaita puolia on IndraWorks Engineering-projektityökalu, jolla onnistuu laitteiston määrittely, ohjelmointi, parametointi ja diagnostiikka yhden ohjelman avulla. Huonona puolena tässä on, että vaikka käyttöliittymä onkin selkeä, niin se saattaa käydä nopeasti sekavaksi. Laitteiston ohjelmointi onnistuu IL, FBD, LD, SFC, ST ja CFC kielillä. Testattu versio toimi 64-bittisellä Windows 7:llä, mutta oli 32-bittinen versio.

CX5010:n mukana tulee TwinCAT-ohjelmisto. Se muodostuu kolmesta erillisestä työkalusta. TwinCAT System managerin avulla määritellään logiikkaan liitetty laitteisto, PLC:n käyttämä ohjelma sekä sen muuttujat. Sen avulla voidaan myös seurata yksittäisiä muuttujia sekä ohjata laitteistoa. PLC:n ohjelmointi tapahtuu TwinCAT PLC Control-ohjelmalla, joka tukee ohjelmointikieliä IL, FBD, LD, SFC, ST ja CFC. Diagnostiikka hoidetaan erillisellä TwinCAT ScopeView-ohjelmalla. Ohjelmistosta on saatavilla useita versioita, mm. 64-bittinen Windows 7, jolla testi tapahtui.

Sigmatekin Lasal-työkalu oli ainut, josta ei löytynyt testiversiota, eikä siitä saatavilla olevasta esitteestä ei käynyt ilmi, onko se Windows 7-ympäristön kanssa yhteensopiva. Lasal Class, jolla ohjelmointi tapahtuu (ks. kuvio 12), on olio-ohjelmointipohjainen ja käytettävissä olevat kielet ovat ST, IL ja LD. Laitteiston määrittely, parametointi ja diagnosointi kaikki tapahtuvat Lasal Class-ohjelman avulla. (LASAL Engineering Tool. n.d.)



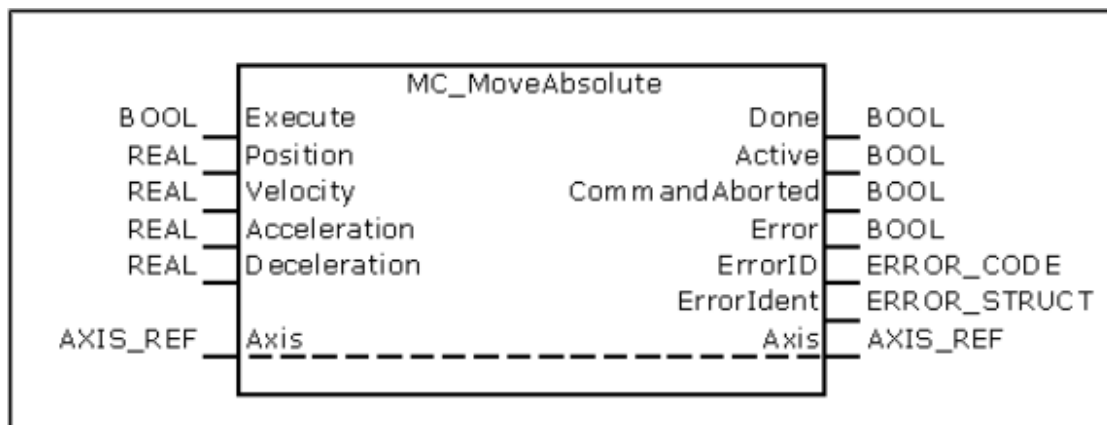
KUVIO 12. Lasal Class funktionäkymä (LASAL Engineering Tool. n.d.)

IndraWorks on ohjelmista monipuolisin ja sisältää paljon helppokäyttötoimintoja, se on kuitenkin pelkkää asemointia ajatellen turhankin järeä. Käyttöliittymältään se on testatuista ohjelmista paras, mutta saattaa käydä ennen pitkää sekavaksi. TwinCAT NC PTP on testatuista ohjelmista todennäköisesti käyttötarkoitukseen paras, vaikkakin sen käyttöliittymässä olisi toivomisen varaa. Simatekin Lasal vaikuttaa melko helppokäyttöiseltä, mutta saatavilla olevan tiedon pohjalta sitä on vaikea vertailla.

### Valmiit ohjelmatoiminnot

Bosch Rexrothin tarjoamassa MLC-H-vaihtoehdossa on kattava kirjasto valmiita käyttötarkoitukseen soveltuvia PLCopen-funktioblokkeja akselien ohjaukseen (ks. kuvio 13). (Rexroth IndraMotion MLC 04VRS PLCopen Function Blocks and Data Types. 2008.) Lisäksi IndraWorksista on Generic Application Template-ominaisuus, josta

löytyy valmiita ohjelmakokonaisuuksia ja perustoimintojen ohjattu luominen. (Rexroth IndraLogic XLC IndraMotion MLC 12VRS Generic Application Template. 2011.)



KUVIO 13. Ohjauslohko akselin asemointiin (Rexroth IndraMotion MLC 04VRS PLCopen Function Blocks and Data Types. 2008.)

Beckhoffin TwinCAT NC PTP:in ympäristöön on saatavilla valmiit käyttötarkoitukseen sopivat PLCopenpohjaiset kirjastot akselien ohjaukseen sekä muita säätöön liittyviä ominaisuuksia. (TwinCAT NC PTP. n.d.)

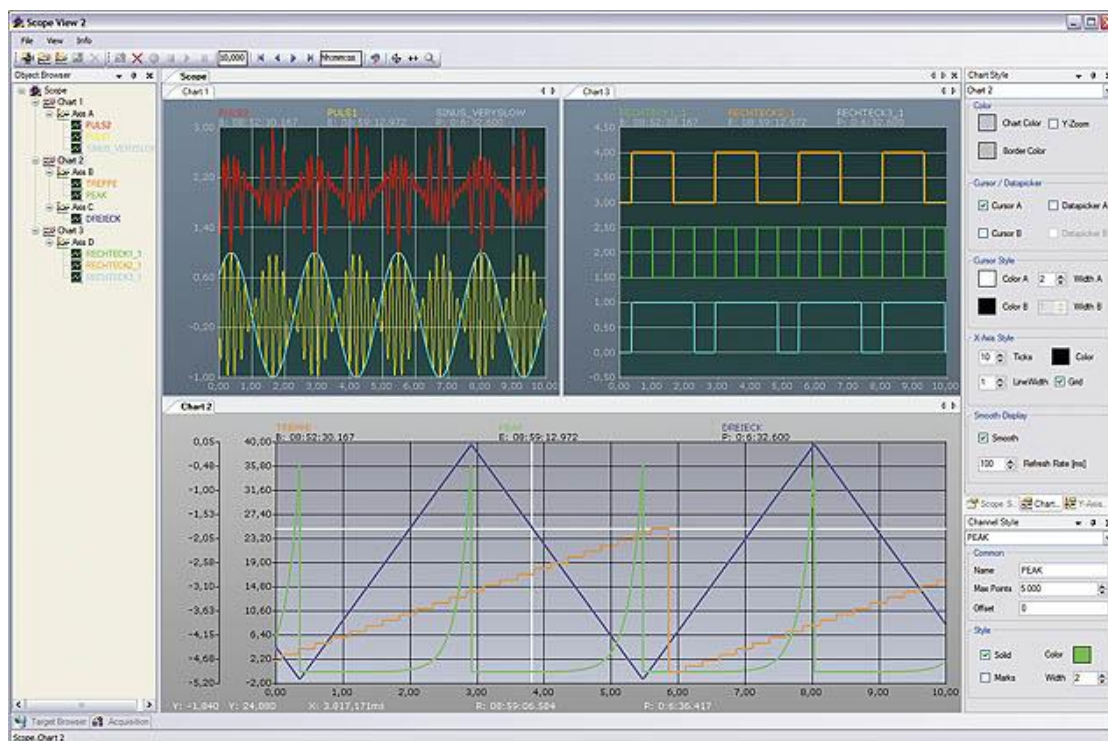
Sigmatekin Lasal Classin toiminnoista ja kirjastoista ei ollut tarkempaa dokumentaatiota saatavilla. Esitteen (LASAL Engineering Tool. n.d.) mukaan siinä on laajat kirjastot valmiita toimintoja, mutta niiden soveltuvuudesta hydraulikan ohjaukseen ei ollut mitään mainintaa.

## Diagnostiikka

Kaikissa vaihtoehtoissa oli pätevät diagnostiikkatyökalut signaalien seuraamiseen. IndraWorks oli kuitenkin ainut, jossa toimintoja signaalien analysointiin.

TwinCATin ScopeViewissa seurattavien signaalien määrittely on hankalampaa, kuin IndraWorksin mukana olevassa diagnostiikkatyökalussa. ScopeView mahdollistaa

kuitenkin paremmin signaalien erottelun toisistaan ja sillä pystyy seuraamaan useampaa järjestelmää yhtä aikaa (ks. kuvio 14) .



KUVIO 14. TwinCAT Scopeview 2 (TwinCAT Scope 2. n.d.)

Koska Lasalista ei ollut tarjolla testiversiota ja tietoa oli hyvin rajallisesti Sigmatek CCP531:n diagnostiikkatoimintoja on vaikea vertailla muiden omiin.

### Laitteiston laajennettavuus

Bosch Rexroth'n MLC-H:n laajennettavuus erilaisien moduulien avulla on heikoin näiden vaihtoehtojen kesken, se ei kuitenkaan tuota suurta ongelmaa, koska siinä on tarpeelliset ominaisuudet jo valmiina. Beckhoffin CX5010 taas on ehdottomasti monipuolisimmin laajennettavissa, siihen löytyy kiitettävä määrä lisämoduuleita monesta kokoluokasta. Sigmatekiltä löytyy myös kohtuullinen valikoima lisämoduuleita, mutta sen suurimmaksi ongelmaksi muodostuvat rajalliset vaihtoehdot ethernet renkimoduuleissa.



## **Paineohjaus**

Kaikkiin ohjaimiin on mahdollista toteuttaa paineohjaus erillisen painelähtetimestä saatavan signaalin avulla. Sekä MLC-H:lle, että CX5010:lle löytyy valmiit funktiot ohjelmakirjastoista painesäätöjen tekemiseen, Sigmatekin dokumentaatiossa asiasta ei kuitenkaan ole mainittu. Parhaat lähtökohdat painesäädön tekemiseen ovat kuitenkin Bosch Rexrothin MLC-H:sta, jossa on valmiit toiminnot säädön toteuttamiseen.

## **Operointitavan vaihto**

Operointitavan vaihdon asemasäädöstä painesäätöön ja päinvastoin onnistuu sekä CX5010:llä että MLC-H:lla. MLC-H tukee kuitenkin paremmin tällaisen säädön toteuttamista kuin CX5010, jossa tällainen säätö pitää erikseen rakentaa ohjelmallisesti. Sigmatekin dokumentaatiosta ei käy ilmi kuinka hyvin operointitavan vaihto on suoritettavissa, oletettavasti tämä on kuitenkin mahdollista. MLC-H:sta löytyy selkeästi paras tuki operointitavan vaihdon toteuttamiseen, ja todennäköisesti ohjauksen toteuttaminen vaatii vähemmän työtä ja testaamista kuin vastaavan säädön tekeminen CX5010 tai CCP531 avulla.

## **Etäkäytettävyys**

Etäkäytettävyydeltään kaikki kolme vaihtoehtoa ovat melko tasaveroisia. Kaikkien asetuksia ja ohjelmia pystyy muokkaamaan Ethernet IP-yhteyden välityksellä. CCP531:n teknisestä dokumentista kävi kuitenkin ilmi, että jos verkossa on laitteita, joissa ei ole Sigmatekin käyttöjärjestelmää saattaa yhteys häiriintyä. (Sigmatek CCP531. 2012.)

## Käyttöönottettavuus

MLC-H on laitteista todennäköisesti helpoiten käyttöönotettavissa, siinä on laajin valikoima toimintoja hydraulisiin käyttöihin. Sen työkalut ovat toimeksiantajalle entuudestaan tuttuja sähkökäyttöistä ja Bosch Rexrothilla on vuosien kokemus hydrauliliikasta. CX5010 ei jää kauaksi vaihtoehtona, siinä on myös runsas valikoima käyttötarkoitukseen sopivia toimintoja. Koska sovellusympäristö ei ole entuudestaan tuttu, vaatii käyttöönotto enemmän opettelua. CCP531 on ratkaisusta vähiten perinteinen, tämä ei ole kuitenkaan välttämättä huono asia. CCP531:stä oli kuitenkin todella huonosti tietoa saatavilla niin valmistajalta kuin mistään muualtakaan. Sitä on siis erittäin vaikea lähteä suosittelemaan.

## Tulevaisuuden näkymät

Vuoden 2011 tietojen perusteella Bosch Rexroth on kasvattanut liikevaihtoaan 27 % verrattuna vuoteen 2010 ja saavuttanut 6,4 miljardin liikevaihdon. Se käyttää liikevaihdostaan tuotekehitykseen 4,8 % eli 312,2 miljoonaa euroa. Se on samalla myös rakentanut kansainvälistä tuotekehitysverkostoa erityisesti kasvavilla markkinoilla. (Bosch Rexroth PI 019/12 2012-04-24. 2012.)

Beckhoffin liikevaihto kasvoi vuonna 2011 34 % verrattuna vuoteen 2010 ja saavutti 465 miljoonan euron liikevaihdon. Yrityksen tuotekehityksestä vastaa 660 insinööriä ja tuotekehityksen voidaan odottaa laajenevan tulevaisuudessa. (Beckhoff PR182012. 2012.)

Sigmatekin liikevaihdosta ei löytynyt mitään kovin luotettavia lähteitä. Yrityksen nettisivuilla kuitenkin mainitaan, että se on vakiinnuttanut asemansa Länsi-Euroopan markkinoilla. (Sigmatek Philosophy. n.d.) Yrityksen uutisarkistoista voidaan kuitenkin päätellä, että sen tarjoaman C-Dias-järjestelmän kehittäminen on jatkunut ainakin

jollain tasolla. Elokuulta 2011 löytyi esittely uudesta CDI 169 digitaalisesta sisääntulomoduulista (The CDI 169. 2011.).

Näistä tiedoista voidaan tulla siihen tulokseen, että Bosch Rexroth on yrityksistä vakavaraisin ja panostaa tuotekehitykseensä. Myös Beckhoff vaikuttaa olevan hyvällä pohjalla tulevaisuuden kannalta. Sigmatek ei kuitenkaan anna kovin luotettavaa kuvaa luovuttamiensa tietojen perusteella.

### **Hinta**

Bosch Rexrothin MLC-H on hinnaltaan näistä kolmesta vaihtoehdosta ehdottomasti kallein ja sen hinta tulisi näkymään huomattavasti muita enemmän myös tarjottavissa kokoonpanoissa. Beckhoffin CX5010 tulee hiukan kalliimmaksi kuin aikaisemmin käytössä ollut TRSystemtechnikin ohjain. Sigmatekin CCP531 on näistä laitteista edullisin jääden hintaluokassaan suurin piirtein aikaisemman ratkaisun tasolle.

### **Hinta/Ominaisuudet**

Bosch Rexrothin MLC-H on järeä ratkaisu, joka kykenee paljon käyttötarkoitusta monimutkaisempiin sovelluksiin. Se tukee vaihtoehtoista selkeästi parhaiten hydraulisia sovelluksia. Se sisältää monipuoliset työkalut ja sen tulevaisuuden näkymät ovat vakaalla pohjalla. Hinnaltaan se on kuitenkin ehdottomasti kallein.

Beckhoffin CX5010 on kompakti ratkaisu, joka tarjoaa uutta tekniikka. TwinCAT NC PTP-ohjelmistolla se käy hyvin käyttötarkoitukseen ja se kykenee myös monipuolisiin käyttötarkoituksiin varsinaisen sovelluksen ulkopuolella. Hinnaltaan CX5010 jää selkeästi MLC-H alapuolelle, hinnan ja käyttötarkoituksen huomioiden se on varteenotettavin vaihtoehto.

Sigmatekin CCP531 on varmasti käyttötarkoitukseen soveltuva, hinnaltaan se osuu aika lailla samaan luokkaan vanhan ratkaisun kanssa. Saatavilla olevan tiedon pohjalta sitä on kuitenkin vaikea suositella, varsinkin kun ottaa huomioon mahdolliset ongelmat etäkäytettävyydessä.

Näiden vertailujen pohjalta toteutettiin laitteiden arviointitaulukko luvussa 5.1 esitettyjen kriteerien mukaisesti (ks. liite 3).

## 5.4 Laitevalinta

Valinnan tekeminen osoittautui odotettua haastavammaksi, koska laitevertailussa Bosch Rexrothin MLC-H:n ja Beckhoffin CX5010:n ero kokonaispistemäärässä jäi niin pieneksi. Laitevalinnasta jouduttiin pitämään erillinen palaveri, jossa laitteita vertailtiin vielä keskenään. Lopputuloksena päädyttiin siihen, että CX5010 valittiin soveltuvuustestiin hinnan ja sen monipuolisten ominaisuuksiensa vuoksi (ks. kuvio 15).



KUVIO 15. Beckhoff CX5010 (Beckhoff CX5010, CX5020. n.d.)

Palaveria käytäessä oli jo tiedossa, että soveltuvuustestiä ei ehdittäisi tekemään opinnäytetyön aikataulussa. Palaverissa päätettiin kuitenkin, että siitä huolimatta vaikka laitetta ei ehditäkään testata, niin tehdään vielä erillinen tarkastuslista testausta varten.

## 6 TARKASTUSLISTA SOVELTUVUUSTESTAUKSEEN

Palaverissa jossa keskusteltiin tehtävästä laitevalinnasta tultiin siihen tulokseen, että mukaan haluttaisiin lista läpikäytävistä asetuksista ja toiminnoista, kun laitetta käytetään ja testataan. Lista haluttiin muotoon, josta siitä olisi helppo merkitä yli kohdat vaihe vaiheelta, kun asetuksia säädetään. Ajatuksena oli myös, että listaa voitaisiin käyttää hyväksi tulevaisuudessa kun laitteita testaillaan toimituksia varten.

Päädyin lopputuloksena Excel-pohjaiseen tarkastuslistaukseen. Ohjain joka valittiin testattavaksi oli Beckhoffin CX5010, joten listaus tehtiin TwinCAT-ohjelmaan liittyvien dokumenttien, ohjeiden sekä ohjelman testiversion omakohtaisen käytön pohjalta. Tarkastuslistassa käydään läpi CX5010:n kokoonpanoon liittyviä tekijöitä, kokoonpanon tunnistamista, ohjelman asetuksia sekä ohjelman toimintoja. Listauksesta pyrittiin tekemään mahdollisimman yleispätevä ottamatta huomioon liikoja yksityiskoh-  
tia. Tarkastuslista on tehty sen oletusarvon pohjalta, että CX5010:n on jo olemassa PLC-ohjelma akselien ohjaukseen ja akseleiden asetuksista löytyy jo valmiit tiedosto-  
pohjat. Listasta löytyy sarakkeet läpikäytävälle tehtävälle, merkintäpaikka sen suorittamisesta, sekä erillinen sarake huomioille esim. ongelmatilanteiden sattuessa.

Listasta tuli kuitenkin vaillinainen ja se perustuu pitkälti olettamuksiin mitä tehtiin erilaisten tarjolla olleiden oppaiden pohjalta. Omakohtaisen kokemus TwinCAT-ohjelmiston käytöstä ei pystynyt myöskään tarjoamaan kovin luotettavaa tietoa, koska mahdollisuudet ilman käytössä olevaa kokoonpanoa ja ohjelmakirjastoja olivat varsin rajalliset. Listausten saatiin aikaiseksi ja ainakin osa sen toiminnoista on

käyttökelpoisia. Kuten sanottua se on kuitenkin vain pohja ja sitä pitää varmasti vielä täydentää ja tarkentaa testauksen pohjalta. Tarkastuslista on mukana liitteessä 4.

## 7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla Heinolan Sahakoneet Oy:n toimittamien laitteistokokonaisuuksien hydrauliset servojärjestelmät modernisoitaisiin. Tarve modernisoinnin toteuttamiseen tuli, kun käytössä olevan servojärjestelmän akseliohjaimen valmistaja ilmoitti, että ohjaimelle saatava tuki ja päivitykset tulisivat päätymään. Heti alkuun oli tarpeen selvittää millä tavoin akseliohjainta olisi järkevintä lähteä korvaamaan. Opinnäytetyön edetessä tavoitteet alkoivat muodostua selkeämmiksi ja tarkoitus oli löytää korvaava ohjain, jolla pystyisi vaihtamaan operointitapaa asemaohjauksesta paineohjaukseen. Ohessa syntyi myös uusia tavoitteita, kuten laitteen soveltuvuustestauksessa käytettävän oheismateriaalin luomista, jota olisi tarkoitus pystyä hyödyntämään mahdollisesti myös tulevaisuudessa.

Lopputuloksena saatiin tutkimusmateriaalia, jonka pohjalta pystyttiin tekemään laitevalinta, vaikka se ei osoittautunutkaan niin yksiselitteiseksi kuin voisi toivoa. Tutkimuksen eteen tehdystä työstä opin itse paljon uutta erityisesti hydraulikasta ja servotekniikasta. Tutkimuksen lisäksi saatiin oheismateriaalina syntynyt tarkastuslista soveltuvuustestaukseen. Tämä jäi kuitenkin parhaimmillaankin pintapuoliseksi, ilman käytännön kokemusta todellista tilannetta vastaavaa materiaalia on mahdoton tuottaa. Jatkokehittettävää listalle löytyy varmasti uusien toimintoja kuvaavien sarakkeiden kuin nykyisten tarkentamisen muodossa.

Ikävä kyllä ohjaimen soveltuvuustestiä ei päästy tekemään opinnäytetyölle asetetussa aikataulussa. Soveltuvuustestin tekeminen olisi varmasti tuonut lisää näkökulmia koko opinnäytetyön sisältöön antaen sille lisäarvoa. Vaikka työssä selkeästi onnistuttiinkin siitä näkökulmasta, että sen pohjalta pystyttiin valitsemaan ohjaimelle korvaa-

va vaihtoehto ja saatiin aikaan oheismateriaalia, niin työn onnistumista ei voida vielä varsinaisesti arvioida sen pohjalta. Opinnäytetyön onnistumisen osoittaa viime kädessä soveltuvuustesti, joka valitulle laitteelle on vielä edessä. Soveltuvuustesti ei kuitenkaan vielä kerro kaikkea opinnäytetyön todellisesta arvosta, vaan se pystyykö tutkimusmateriaalia vielä hyödyntämään siinä tilanteessa jos CX5010 ei lunasta odotuksia ja pitää valita jokin toinen vaihtoehto.

## LÄHTEET

@Axis - the multi-axis controller. Esite. TR-Systemtechnik GmbH.

Beckhoff CX5010, CX5020. n.d. Esite. Beckhoff Automation GmbH.

Beckhoff PR182012. Lehdistötiedote 17.4.2012. Beckhoff Automation GmbH.

Bosch Rexroth PI 019/12 2012-04-24. Lehdistötiedote 24.4.2012. Bosch Rexroth AG.

Caro, D. 2009. Automation Network Selection: A Reference Manual. United States.

Fonselius, J. , Pekkola, K. , Selosmaa, S. , Ström, M. & Välimaa T. 1996.  
Automaatiolaitteet. Helsinki: Edita.

Fonselius, J. , Rinkinen, J. & Vilenius, M. 1998. Servotekniikka. Helsinki: Edita.

Harju, T. & Marttinen, A. 2000. Säättöpiirin virityksen perusteet. Espoo: Otamedia Oy.

Hydrauliikkaservon käyttöohje. 2007. Heinola Automaatio. Heinolan sahakoneet Oy.

IndraMotion MLC Controller based. 2012. Esite. Bosch Rexroth AG.

Kauranne, H. , Kajaste, H. , & Vilenius, M. 2008. Hydrauliteknikka. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.

LASAL Engineering Tool. n.d. Esite. SIGMATEK GmbH & Co KG.

McMillan, G. 1999. Process/Industrial Instruments and controls handbook. New York: R.R Donnelley & Sons.

RE 29035/01.05. n.d. Venttiilin tekninen dokumentti. Bosch Rexroth AG.

RE 29191/09.10. n.d. Väyläohjatun venttiilin tekninen dokumentti. Bosch Rexroth AG.

Rexroth IndraLogic XLC IndraMotion MLC 12VRS Generic Application Template. 2011. Manuaali. Bosch Rexroth AG.

Rexroth IndraMotion MLC 04VRS PLCopen Function Blocks and Data Types. 2008. Ohjelmointikirjaston kuvaus. Bosch Rexroth AG.

Sigmathek CCP531.2012. Ohjaimen tekninen dokumentti. SIGMATEK GmbH & Co KG.

Sigmathek Philosophy. n.d. Artikkelin Sigmathek SIGMATEK GmbH & Co KG:n sivuilla. Viitattu 7.1.2013. <http://www.sigmathek-automation.us/eng-philosophy.html>

Sytronix SvP 7000 Servo Variable Pump Drive. n.d. Artikkelin Bosch Rexroth AG:n sivuilla. Viitattu 13.2.2013. [http://www.boschrexroth.com/en/xc/products/systems/variable\\_speed\\_pump\\_drives\\_/products\\_and\\_solutions\\_/sytronix\\_svp\\_/function\\_/index](http://www.boschrexroth.com/en/xc/products/systems/variable_speed_pump_drives_/products_and_solutions_/sytronix_svp_/function_/index)

Temposonics-RP+RH. n.d. Esite. MTS Sensor Technologie GmbH & Co. KG.



The CDI 169. 2011. Artikkelin Sigmatek SIGMATEK GmbH & Co KG:n sivuilla. Viitattu 7.1.2013. <http://www.sigmatek-automation.us/eng-actualnews-2012-08.html>

TwinCAT NC PTP. n.d. Ohjelmamateriaali. Beckhoff Automation GmbH.

TwinCAT Scope 2. n.d. Artikkelin Beckhoff Automation GmbH:n sivuilla. Viitattu 2.4.2013. [http://beckhoff.fi/english.asp?twincat/twincat\\_scope\\_2.htm](http://beckhoff.fi/english.asp?twincat/twincat_scope_2.htm)

What is Serial Synchronous Interface (SSI)?. n.d. Artikkelin National Instruments Corporationin sivuilla. Viitattu 7.2.2013.  
[http://digital.ni.com/public.nsf/websearch/862567530005F09C862566BE004E469D?opendocument&Submitted&&node=133020\\_US](http://digital.ni.com/public.nsf/websearch/862567530005F09C862566BE004E469D?opendocument&Submitted&&node=133020_US)

Yritysesittely. Powerpoint-esitys. n.d. Heinolan sahakoneet Oy.

## LIITTEET

### Liite 1. Tarjouspyyntö

Heinolan Sahakoneet Oy  
Jari-Pekka Kankaanpää  
Tehtaantie 21  
18101 Heinola  
040-  
jpk-

3.12.2012

#### Tarjouspyyntö

Etsimme ratkaisua hydraulisten asemointiservojen proportionaaliventtiilien ohjaukseen. Riippuen toimituksien käyttökohteista yhdellä ohjaimella/ohjaimilla olisi tarkoitus pystyä ohjaamaan 4-8 hydraulista akselia.

Tieto akselien asetusarvosta tulee ylemmän tason logiikasta Profibus DP -väylän kautta. Akselien asematieto tulee magnetostriktiiviselta anturilta SSI-viestinä ohjaimelle ja venttiilien ohjaus tapahtuu  $\pm 10$  V analogisignaalina.

Tulevaisuuden kannalta olisi hienoa, jos uusi ratkaisu olisi vaivattomasti laajennettavissa ja muokattavissa, esim. Profibus DP vaihtaminen Profinetiin. Olisi myös hyvä jos laite kykenisi yksittäisiin erityistilanteisiin, kuten yksittäisen akselin asemointiohjauksesta momenttiohjaukseen vaihtamiseen.

Pyydän tarjousta 4 akselin ohjauksesta, sekä 8 akselin ohjauksesta.

Terveisin  
Jari-Pekka Kankaanpää

## LIITE 2. Seulontataulukko

Vahvistimen ominaisuudet	Pisteet	AXIS-C101-PB	Bosch Rexroth MLC	Beckhoff CX5010	Sigmathek CCP531
SSI enkooderi	5	5	5	5	5
Profibus DP mukana	5	5	5	0	0
Profibus DP erillisenä moduulina	3	0	0	3	3
Analogilähtö -10 - +10 V	5	5	5	5	5
Saatavuus 2 vk sisään	5	0	0	0	0
Saatavuus 1 kk sisään	3	3	0	3	0
Saatavuus 1-2 kk sisään	1	0	1	0	1
Koulutus	4	3	4	4	4
Tekninen tuki	4	0	4	4	4
Parametroitava	4	4	4	0	0
Ohjelmoitava	3	3	3	3	3
Ethernet väylä: PROFINET	3	0	3	0	0
PROFINET, erillinen moduuli	2	0	0	2	0
Ethernet väylä: EtherCAT	3	0	0	3	0
EtherCAT, erillinen moduuli	2	0	0	0	2
Ethernet väylä: muu	1	0	1	0	1
Modulaarisuus 1-8 akselia	3	0	3	3	3
Modulaarisuus 1-4 akselia	2	2	0	0	0
Muistikortti	2	2	0	2	2
Operoitavan vaihto	1	1	1	0	0
Pisteet yhteensä		33	39	37	33
Saatavien akselien määrä	?	4	>8	255	>8
Hinta 4 akselille	?	9,9	7,6	9,5	10
Hinta 8 akselille	?	8,9	8	9,7	10



### Liite 3. Tarkempi vertailu

Kriteerit	Bosch Rexroth MLC-H	Beckhoff CX5010	Sigmatek CCP531
Ominaisuudet	7	8	6
Ohjelmistot	7	8	4
Valmiit ohjelmatoiminnot	9	8	6
Diagnostiikka	7	8	7
Laitteiston laajennettavuus	6	9	7
Paineohjaus	8	7	5
Operointitavan vaihto	8	6	5
Etäkäytettävyys	7	7	4
Käyttöönoton helppous	8	6	5
Tulevaisuuden näkymät	9	7	4
Hinta	4	7	8
Hinta/Ominaisuudet	6	8	6
Pisteet	86	89	67

## Liite 4. Testauksen tarkastuslista

Tehtävät	X	Huomiot
Varmistaa, että kaikki terminaalit ovat kiinni CX5010 ja niiden valot palavat		
Käynnistää TwinCAT real time server config-moodissa ja avata TwinCAT system		
Ladata mahdollinen PLC-ohjelma PLC-Configurationin alle		
Aiaa "Scan Devices" I/O-configurationissa		
Varmistaa, että CX5010, väyläorjat ja muut liitetty laitteet löytyvät		
Aiaa "Scan Terminals" CX5010:lle		
Varmistaa, että kaikki CX5010 liitetty terminaalit löytyvät		
Valita käytössä olevat muuttujat CX5010:n I/O-terminaalien kanaville		
Tallentaa tähän astinen projekti		
Kartoittaa muuttujat terminaalien ja PLC-koodin välillä		
Luoda NC-Task "NC - Configurationissa"		
Tuoda Akselit NC-Taskiin Axes-kohdan alle		
Tarkistaa akselien linkitykset terminaalien kanaviin		
Tarkistaa akselien parametrit		
Tarkistaa akselien ja PLC:n väliset parametrien ja muuttujien linkitykset		
Tallentaa tiedot PLC:n rekisteriin valitsemalla "Activate Configuration" Actions		
Varmistaa, että ylemmän tason logiikka ei lähetä ohjaustietoja CX5010:lle		
Käynnistää CX5010 System managerista "Set/Reset TwinCAT to Run Mode"		
Käynnistää Scopeview ja valita siihen halutut akselit ja muuttujat tarkkailtavaksi		
Hakea sopivat parametrit akselille kirjoittamalla asema muuttujaan System managerissa "Online Write" toiminnon avulla		
Asettaa sopivat parametrit akselille		
Tallentaa projekti		
Tallentaa tiedot PLC:n rekisteriin valitsemalla "Activate Configuration" Actions valikosta		